

被災後の復旧期間の観点から考える 全国の半導体工場の地震リスクの一検討

清水 智*

shimizu-satoshi@oyonet.oyo.co.jp

山崎雅人*

yamazaki-masato@oyonet.oyo.co.jp

井出 修*

ide-osamu@oyonet.oyo.co.jp

応用地質株式会社 共創 Lab

〒101-8486 東京都千代田区神田美土代町 7 番地

*応用地質株式会社 共創 Lab

共創 Lab ワーキングペーパーは、応用地質株式会社 共創 Lab の職員および外部研究者の研究結果をとりまとめたものです。研究成果については、内外の研究機関や研究者・実務者等から幅広くコメントを頂戴することを意図しています。ただし、本論文に記載された内容や意見は、応用地質株式会社の公式見解を示すものではありません。本ワーキングペーパーに対するご意見・ご質問やお問い合わせは、執筆者までお願いします。商用目的を含めて転載・複製を行う場合は、予め応用地質株式会社の共創 Lab までご相談下さい。転載・複製を行う場合は、出所を明記して下さい。

被災後の復旧期間の観点から考える 全国の半導体工場の地震リスクの一検討¹

清水 智 山崎雅人 井出 修

2026 年 8 月

【要 旨】

半導体は様々な分野の製品に使用されており、AI の今後の発展を考えるとその重要性は益々高まっていくことが考えられる。また経済安全保障の観点からも半導体は重要視されており国内の供給網の強化が図られている。一方、国内の半導体工場は様々な地震で大きな被害を受け復旧に長期を要した事例もみられる。また、自動車製造業では半導体工場の被災により被災地外の工場で大きな生産調整を余儀なくされたケースも発生した。このような観点から、半導体工場の復旧期間の推定精度向上は、サプライチェーンを考慮した災害による経済被害推計を考える場合の重要な課題である。

本稿では、このような観点から、過去の地震で被災した半導体工場の復旧期間に関する公表資料を収集・整理し、半導体工場の稼働率に関するリカバリーカーブ（発災からの経過日数と復旧確率の関係）の推定結果を示した。加えて海溝型地震や主要活断層帯の地震が発生した場合に震度 5 強以上となった工場が稼働停止すると仮定した場合、推定したリカバリーカーブを使って稼働停止した全ての工場の復旧期間とその合計値を推定した。半導体工場の分布、想定されている海溝型地震や主要活断層帯の地震動分布に基づくと、南海トラフ、相模トラフ、日本海溝で発生する大規模な海溝型地震や中央構造線断層帯の全区間が連動する地震等で多くの半導体工場が被災し、完全復旧に長い時間を要することが推定された。本結果は日本の半導体工場の同時被災リスクを考える場合、どのような海溝型地震や主要活断層帯の地震に備えるべきかの一例を示している。

¹ 本稿のあり得べき誤りは筆者個人に属する。本稿で示されている見解は、応用地質株式会社の公式見解を示すものではない。

1. はじめに

半導体は、スマートフォン、パソコン、自動車、家電製品、工場設備、医療機器など様々な分野で使用され、これらの製品の生産には欠かせない基幹部品となっている。加えて、経済安全保障の観点からも重要視され、2022年に特定重要物資に指定されるとともに、半導体そのものだけでなく、製造装置・材料・原料も含めた供給網の強化が図られている¹⁾²⁾。

一方、日本は地震大国であり、これまで様々な地震により産業部門も大きな被害を受けてきた。産業部門により地震に対する脆弱性は異なるが、半導体製造工場は脆弱な部類に入る。実際、日本では、1995年阪神・淡路大震災の三菱電機の北伊丹事業所、2004年新潟中越地震の新潟三洋電子、2011年東日本大震災のルネサスエレクトロニクス的那珂工場など、大規模地震によって半導体工場が被害を受け、長期間の操業停止を強いられた事例も多い。

このため半導体工場の地震に対する脆弱性に関して様々な研究や報告がなされてきた。例えば、Amick et al. (1998)³⁾は、半導体を製造する製造装置、露光装置などは地震動に対して脆弱であることを指摘し、地震発生後も施設内の設備が継続して稼働できることを設計目標とする概念的アプローチを提案している。Magliulo et al. (2024)⁴⁾は、半導体製造工場のクリーンルームの損傷が経済的損失に大きく影響したことを報告するとともに、比較的簡易な耐震対策の実施がクリーンルームの非構造部材の耐震性の改善をもたらすことを実大振動台実験を使って示している。一方、過去の地震による様々な半導体工場の被害データを統計的に処理し、被災した半導体工場の復旧期間をモデル化した事例はみられない。加えて、このような統計モデルから日本全体の半導体産業（半導体工場）の地震リスクを復旧期間の観点から分析した事例はみられない。半導体の供給網の一端を担う半導体製造工場の供給停止による日本経済全体への影響が懸念されるのであれば、その地震リスクの把握は重要な課題と考えられる。

そこで、本稿では、過去の地震による半導体工場の被害データに基づき作成された稼働率に関するリカバリーカーブ（復旧曲線）の概要を示す。加えて、J-SHIS 地震ハザードステーション⁵⁾で公表されている海溝型地震や主要活断層帯の地震が発生した場合の半導体工場の復旧期間を推定し、日本の半導体工場群が保有する地震リスクについて考察した。

なお、本稿では、製造工程を有する半導体工場のみを対象としており、半導体の素材、原料、装置等の製造を行う事業所は対象外としている点に留意されたい。また、地震による被害は「揺れ」による被害のみを対象としており、「津波」「地震後火災」等による被害は対象としていない点についても留意されたい。

本稿は以下で構成される。

第2章 リカバリーカーブのモデル化

第3章 シナリオ地震による半導体工場の操業停止期間の推定

第4章 考察

第5章 おわりに

2. リカバリーカーブのモデル化

2.1. 概要

本章では半導体工場の稼働率のリカバリーカーブの作成方法・結果の概要を示す。作成方法・結果の詳細は清水ほか(2026)⁶⁾を参照されたい。

2.2. リカバリーカーブの定義

リカバリーカーブ（復旧曲線）とは、地震発生後の時間経過と機能の復旧確率との関係を表す曲線のことである。本稿では、機能として半導体工場の稼働状況（稼働率）に焦点を当てている。被災により操業停止した半導体工場は表 1 に示す 3 つの状態のいずれかにある。

表 1 状態の定義

状態	稼働率 U
	(被災前を 100 とする)
0	$U = 0$
1	$0 < U < 100$
2	$U = 100$

状態 2 のリカバリーカーブとは、地震発生後の時間経過と稼働が完全復旧する確率の関係を示す。状態 1 以上のリカバリーカーブとは、地震発生後の時間経過と一部でも稼働できる状態に復旧する確率の関係を示す。本稿のリカバリーカーブの模式図を図 1 に示す。

本稿では図 1 に示したリカバリーカーブを過去の復旧実績に基づき作成する。

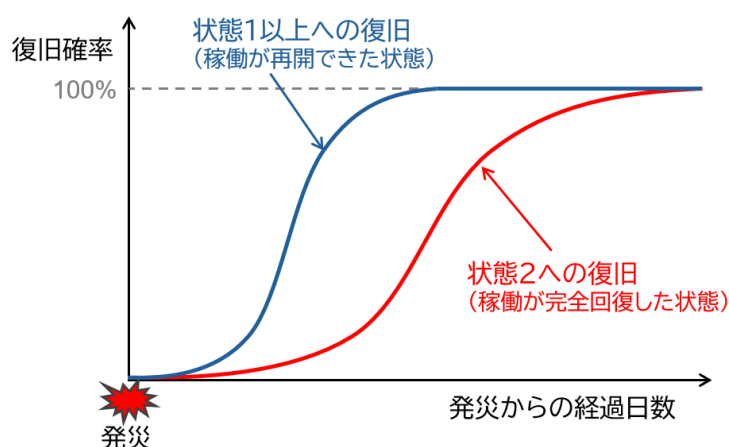


図 1 本稿で作成したリカバリーカーブの模式図

2.3. 作成方法

2.3.1. 作成に利用したデータセット

リカバリーカーブの作成のためには、過去に発生した地震において、国内各所の半導体工場の被災直後の稼働状況と、稼働停止した場合の稼働再開までの期間や完全復旧ま

での期間に関するデータが必要であり、これらの情報をできる限り多く収集・整理することが重要である。そこで、地震発生後の半導体工場の稼働状況に関する、①ニュースリリース、②報道資料（新聞、雑誌、Web マガジン等）、③論文・調査報告、を収集・整理し、半導体工場の復旧期間に関するデータセットを作成した（表 2）。

表 2 作成したデータセットの概要

地震名	工場数	状態0の 期間の 平均値 [日]	状態1の 期間の 平均値 [日]	計測震度の 平均値	前工程を 有する 工場数
2004 年新潟県中越地震	1	60.0	99.0	6.26	1
2008 年岩手宮城内陸地震	1	16.0	31.0	5.18	1
2011 年東北地方太平洋沖地震	12	23.9	27.3	5.29	9
2016 年熊本地震	5	16.8	37.6	5.91	3
2024 年能登半島地震	2	19.0	35.5	5.36	1
全体	21	23.1	34.1	5.48	15

※「状態 0 の期間」は稼働停止期間、「状態 1 の期間」は一部稼働期間を示す。

なお、表 2 のデータソースとなった①～③の資料からは、全 21 工場に関する建物構造、建築年、製造設備の仕様、地震対策の実施状況、復旧のオペレーション等、復旧期間に影響を与え得る詳細な情報を得ることができない。これらの情報不足を補うため、工場所在地の地震動強さが復旧期間に影響を与える要因を代表していると考え、リカバリーのモデルに組み込んだ²⁾。さらに、前工程と後工程では、前工程のほうで露光装置や成膜装置等、ナノメートルレベルの高い位置精度が要求され、地震動に対して脆弱と考えられることから、工程の違いをモデルに組み込むこととした。

2.3.2. リカバリーカーブの作成方法

リカバリーカーブは生存時間解析の枠組みを利用した。生存時間解析の枠組みを利用して実被害データから産業部門のリカバリーカーブを作成する取り組みは、地震被害や水害等で事例がある⁷⁾⁸⁾。ここではこの考え方を半導体工場の稼働率のリカバリーに適用した。以下ではその考え方の概要を示す（モデル化の詳細は文献 6)を参照されたい）。

図 2 はデータセット内の任意の工場の稼働率の推移と稼働状態の関係を示す。稼働停止期間が状態 0 に留まっていた日数（以降、「滞在時間」と称す）、一部稼働期間が状態 1 の滞在時間にあたる。各工場の状態 0・1 の滞在時間が、2.3.1. 節で作成されたデータセットに格納されている。この滞在時間の長さを確率分布でモデル化してリカバリーカーブを作成する（図 3）。なお、各工場所在地の計測震度や前工程の有無を表す工程ダメージ変数は確率分布の期待値と対数連結することでモデルに組み込んだ。確率分布はワイブル分布を用いた。

²⁾ 工場所在地の地震動強さは、各地震の観測記録を面的に空間補間して算出した 250m メッシュ別計測震度分布と各工場所在地の位置情報（緯度・経度）を用いて算出した。地震動強さの指標は計測震度を用いた。

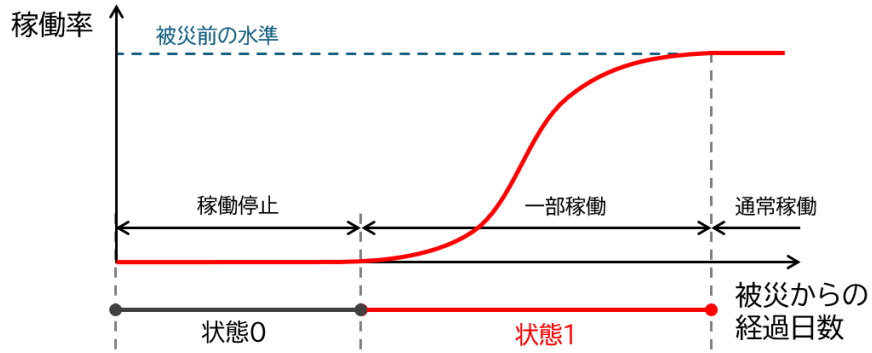


図2 ある工場の被災後の稼働率の推移と状態の関係

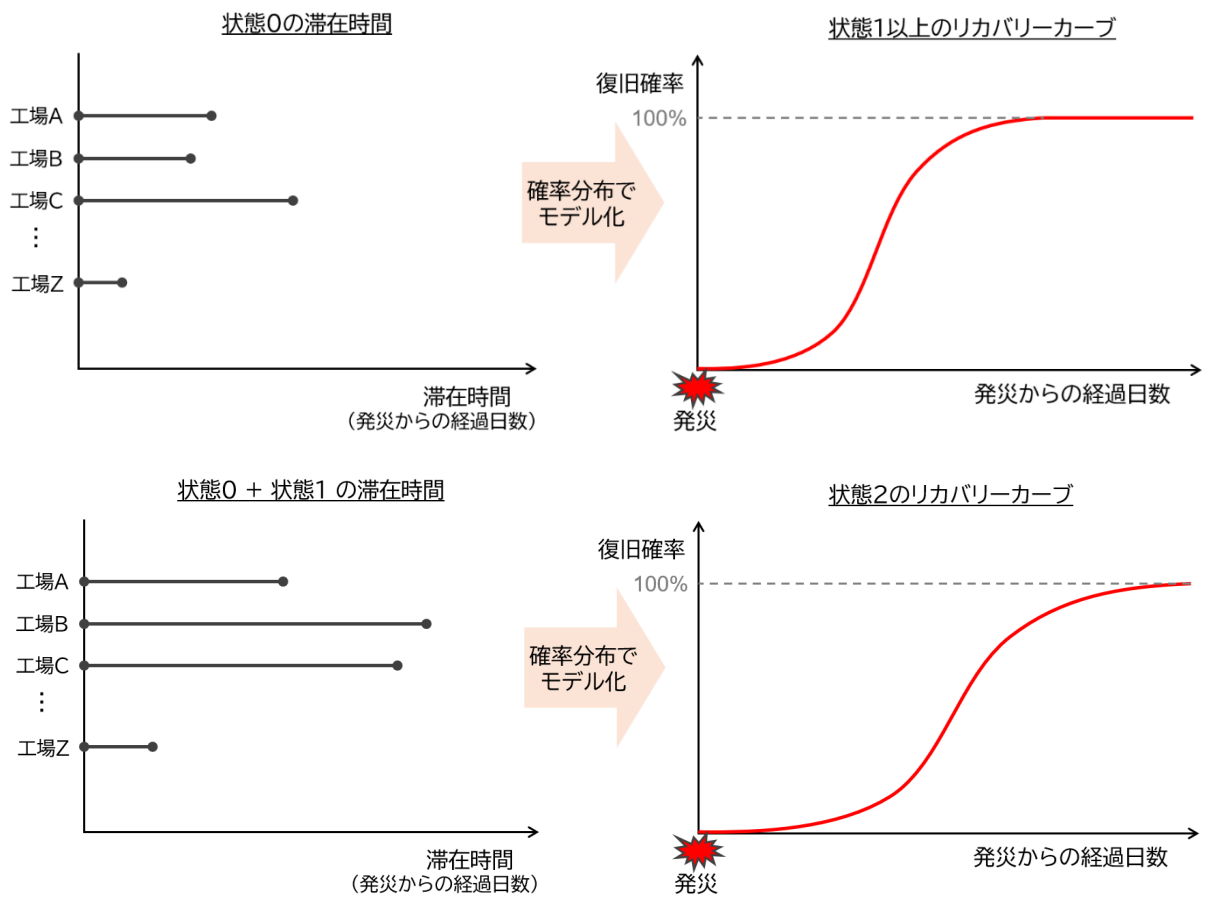


図3 各工場の滞在時間とリカバリーカーブの関係

最終的に、稼働率が任意の状態 i 以上に回復する日数が t 以下となる確率 $F_i(t)$ は式(1)～(3)で示される。

$$F_i(t) = \int_0^t f_i(z) dz \quad (1)$$

$$f_i(z) = \frac{\phi}{\lambda_i} \left(\frac{z}{\lambda_i} \right)^{\phi-1} \exp \left\{ - \left(\frac{z}{\lambda_i} \right)^{\phi} \right\} \quad (2)$$

$$\lambda_i \Gamma \left(1 + \frac{1}{\phi} \right) = \exp(\alpha_i + \beta_1 \cdot I + \beta_2 \cdot Prcs) \quad (3)$$

ここで、 α_i 、 β_1 、 β_2 、 ϕ ：パラメータ、 I ：工場所在地の計測震度、 $PrCs$ ：工程ダミー（1：前工程あり、0：前工程なし）、を示す。

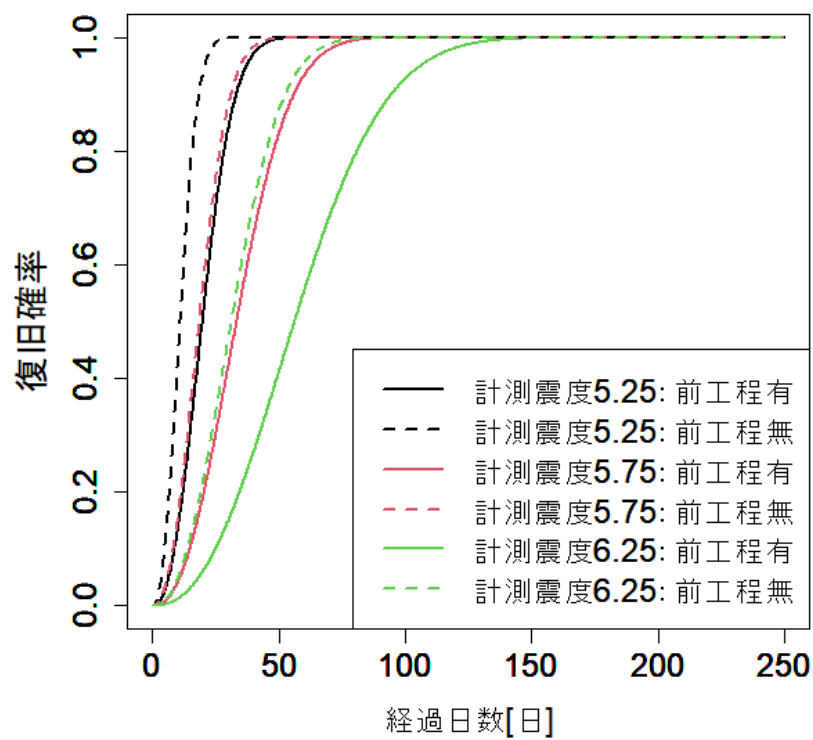
2.4. 作成結果

最尤法にて推定されたパラメータを表 3 に示す。今回作成したモデルでは、工場所在地の地震動強さ（計測震度）と工程ダミーを説明変数として用いた。これらは正の有意なパラメータが求まっており、地震動（計測震度）が大きいほど復旧に時間を要し、前工程をもつ工場で復旧が遅くなるモデルが得られた。得られたモデルによる状態 1 以上及び状態 2 のリカバリーカーブの例として、計測震度 5.25（震度 5 強相当）、5.75（震度 6 弱相当）、6.25（震度 6 強相当）の前工程有無別リカバリーカーブを図 4 に示す。図 4 から、状態 1 以上・状態 2 とともに、同じ計測震度の揺れであっても、前工程のない工場（後工程工場）のほうが前工程のある工場（前工程工場または一貫工場）と比べて復旧が早く、計測震度 0.5 程度小さいリカバリーカーブに近い復旧確率となっていることがわかる。

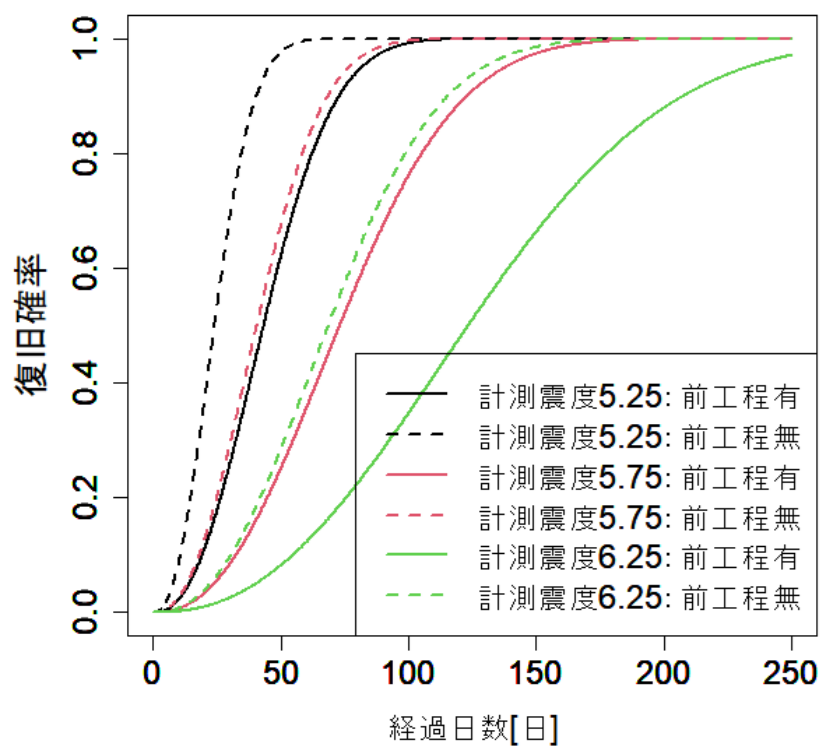
表 3 リカバリーカーブのパラメータ推定結果

形状係数	ϕ	2.309 ***
定数項	α_1	-3.068 **
	α_2	-2.281 *
計測震度	β_1	1.048 ***
工程ダミー	β_2	0.587 ***

注) *** : $p < 0.001$, ** : $0.001 \leq p < 0.01$, * : $0.01 \leq p < 0.05$



(a) 状態 1 以上



(b) 状態 2

図 4 リカバリーカーブの例

3. シナリオ地震による半導体工場の操業停止期間の推定

3.1. 概要

あるシナリオ地震が発生した場合の半導体工場群の稼働状況は、工場の稼働が停止するような地震動強さの広がり、そのエリアにどの程度の半導体工場が含まれているかに依存する。稼働停止した工場群の復旧状況は各工場の製造工程や工場所在地の地震動強さから推定することが可能である（第2章）。そこで、本章では、海溝型地震及び主要活断層帯で地震が発生した場合の半導体工場の復旧期間を推定し、日本の半導体工場群が保有する地震リスクについて、復旧期間の観点から考察した。

3.2. 推定方法

3.2.1. 推定対象とする半導体工場

推定対象とする半導体工場は「半導体産業計画総覧 2025-2026 年度版」⁹⁾の半導体工場分布図に記載された工場のうち、一貫工場、前工程工場、後工程工場を対象とした。本検討で対象とした工場数は全体で 147 工場³である。表 4 には製造工程別工場数を、図 5 には工場の地理的分布を示した。また、表 5 には一貫工場及び前工程工場で生産される半導体製品の種類別工場数を示した。

本検討で対象とした 147 工場のうち、一貫工場・前工程工場は 80 あり、前工程をもつ工場は全体の 54%を占めている。また、一貫工場・前工程工場ではアナログ半導体が多数を占めており、「演算・制御」を担うロジック半導体や「記憶」を担うメモリ半導体を生産する工場は少ない。

表 4 対象とした工場数（製造工程別）

前工程工場	後工程工場	一貫工場	計
60	67	20	147

表 5 生産する半導体製品の種類別工場数（一貫工場・前工程工場のみ）

分類	説明	工場数
ロジック半導体	バイナリ情報を処理するもの。「演算・制御」を担うチップ群。CPU（中央処理装置）、GPU（画像処理）、MPU/MCU（マイクロプロセッサ / マイクロコントローラ）など。	16
メモリ半導体	データを格納する役割を持つもの。「記憶」を担うチップ群。DRAM、SRAM、NAND フラッシュ（ストレージ）、NOR フラッシュなど。	3
アナログ半導体	温度、速度、圧力などの連続的な物理量で表される現実世界の信号をデジタル信号に変換・加工する機能や、電力管理機能を担うもの。パワー半導体（MOSFET、IGBT、SiC / GaN デバイス）、アナログ IC（オペアンプ、レギュレータ）、ミックスドシグナル IC、RF（高周波・通信）IC、など、	56
その他の半導体	上記以外のもの。センサー（CMOS イメージセンサー、温度・圧力センサー）、オプトエレクトロニクス（LED、レーザーダイオード）、ディスプレイデバイス（ダイオード、トランジスタ（単体））、化合物半導体、など。	11

³ 半導体工場分布図に記載があっても web ページ等で半導体の製造が確認できなかった一部の工場は対象外とした。

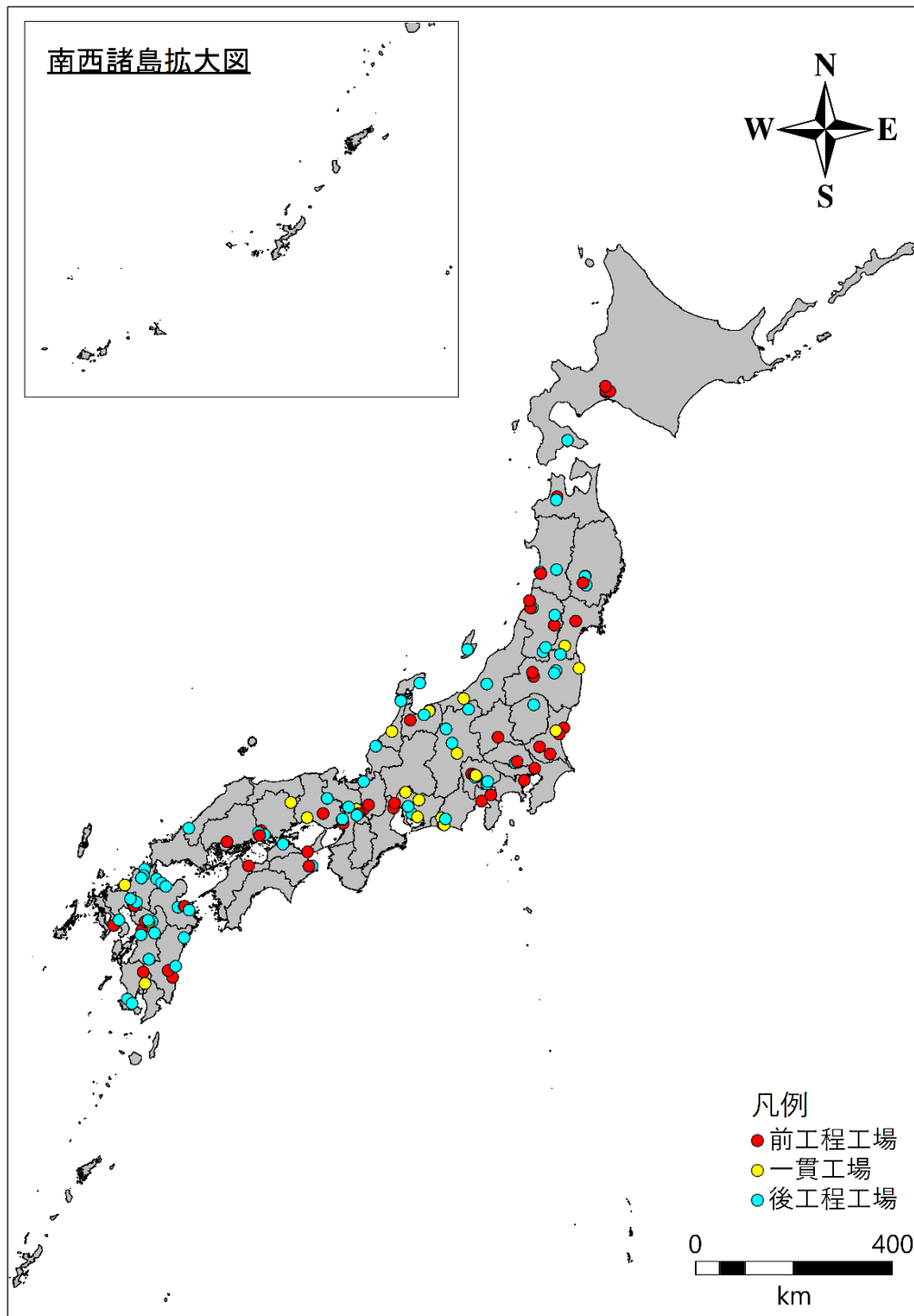


図 5 対象とした半導体工場の位置

3.2.2. 地震ハザード情報

本検討で対象とした地震は、国立研究開発法人防災科学技術研究所が提供する地震ハザードステーション J-SHIS⁵⁾で公表されている「条件付超過確率」に掲載された「海溝型地震」、および「主要活断層帯」で発生する地震とした。なお、一部の「主要活断層帯」では、主要活断層を構成する区間の一部の断層のみが震源断層となるもの等があるが、

本検討では断層帯全体が活動するケースのみを対象とした⁴。また、「海溝型地震」においても同様に、海溝型地震の領域の一部のみを震源とするケースが設定されている地震もあるが、本検討では領域全体を震源とする地震のみを対象とした。これらの地震が発生した場合の計測震度を用いて、半導体工場の復旧期間を推定した。

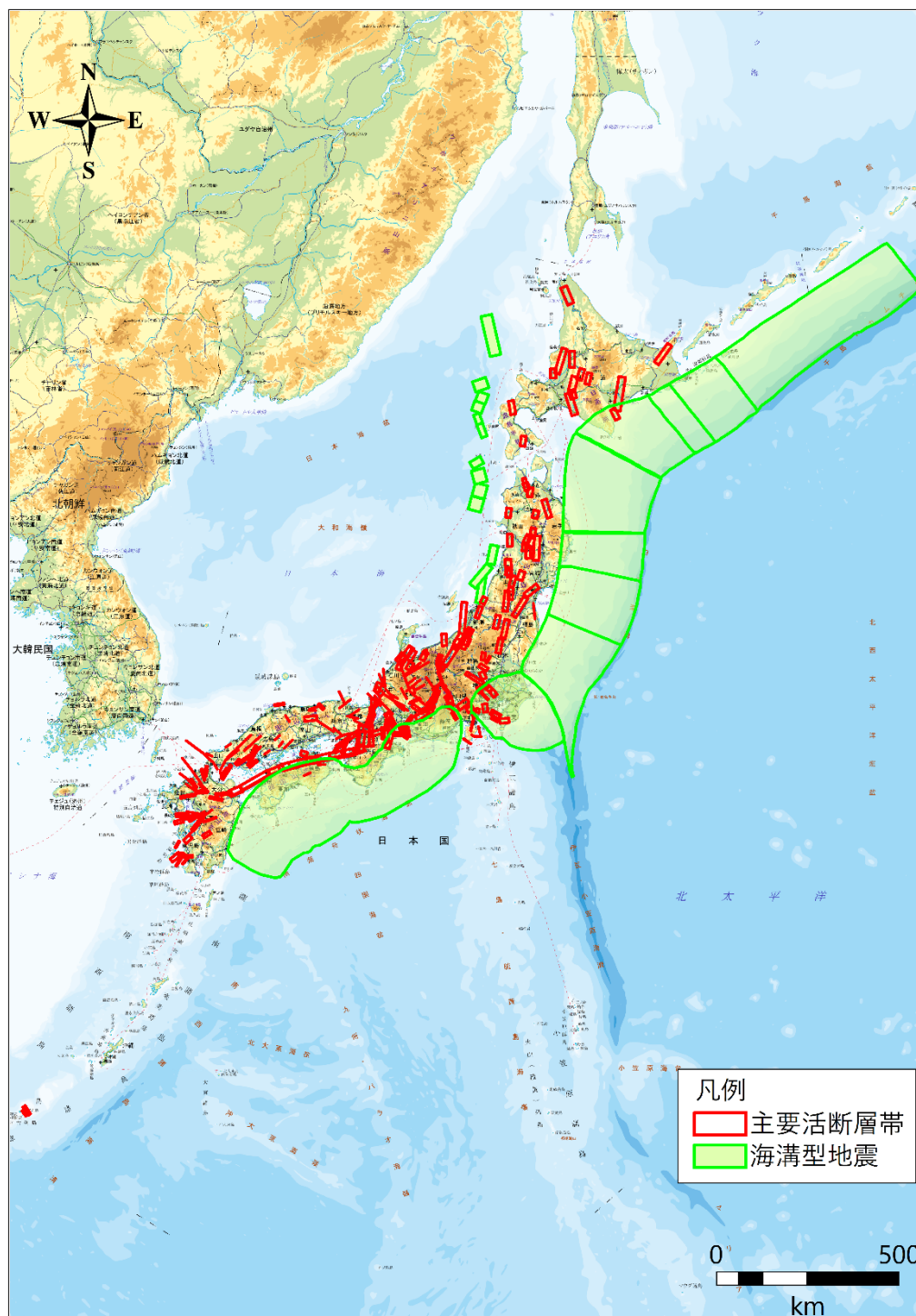


図 6 対象とした主要活断層帯・海溝型地震の位置

⁴ 中央構造線断層帯は断層傾斜角が 2 パターン設定されているが、本検討では傾斜角 90 度のモデルを使用した。

3.2.3. 推定方法

第2章で示したリカバリーカーブ、3.2.2. 節の地震ハザード情報を用いて、海溝型地震や主要活断層帯で地震が発生した場合の復旧期間を推定した。具体的には、想定した地震により稼働停止した場合に、一部でも稼働が再開するまでの日数（以降、「稼働再開日数」と称す）の期待値、被災前の水準まで回復するのに要した日数（以降、「完全復旧日数」と称す）の期待値を推定した。本検討で算出したリカバリーカーブと稼働再開日数及び完全復旧日数の期待値の関係は図7の通りである。なお、本検討では、計測震度5.0以上（震度5強以上）で半導体工場が稼働停止すると仮定した。

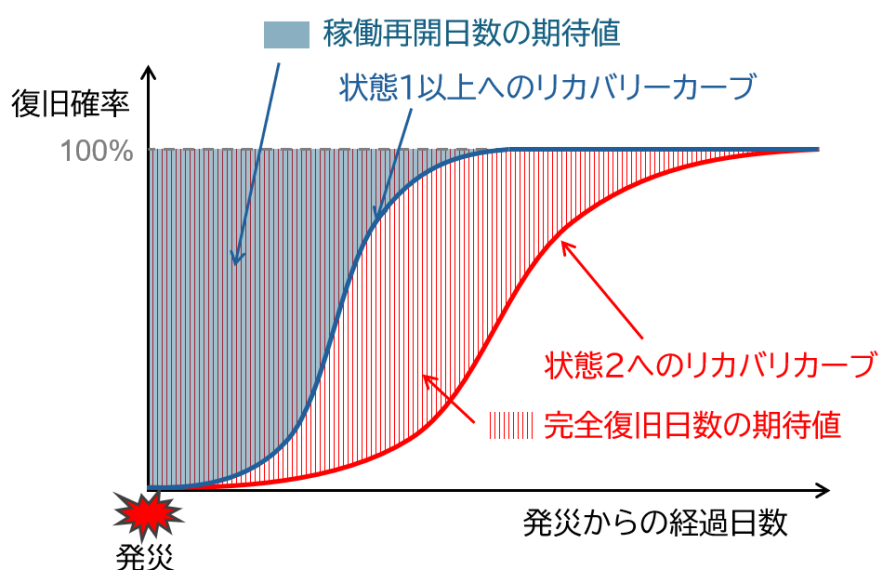


図7 リカバリーカーブと復旧日数の期待値の関係

3.3. 推定結果

表6は、海溝型地震に関して、稼働停止（震度5強以上）と想定した工場群全体の完全復旧日数の期待値⁵を降順に並べたランキングである。この値が大きいほど、より多くの工場で、完全復旧により時間を要することを示している。最上位となったのは「南海トラフ沿いで発生する大地震（最大クラス）」（以降「南海トラフ巨大地震」と称す）で、検討対象とした147工場のうち79工場で震度5強以上の地震動を受ける。震度5強以上で稼働停止すると仮定すると、この79工場の完全復旧日数（期待値）の合計値は4,891日となった。完全復旧日数（期待値）の平均は61.9日⁶、稼働再開日数（期待値）の平均は28.2日であった。各工場の南海トラフ巨大地震における半導体工場の稼働再開・完全復旧日数（期待値）は、工場所在地の地震動強さや工場の製造工程によって変化する。各工場の復旧期間の分布を確認すると、稼働再開日数（期待値）の分布は20～

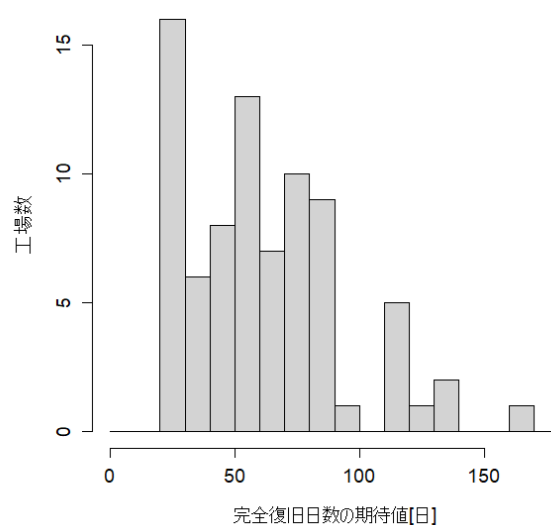
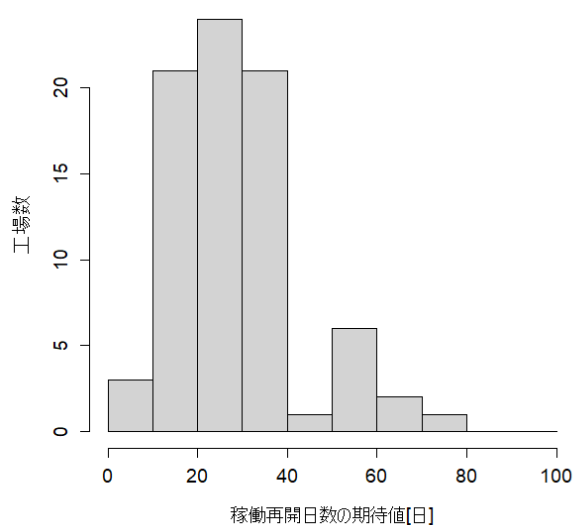
⁵ 例えば、10工場の稼働停止した地震では、各工場の完全復旧日数の期待値を10工場すべて足し合わせた値である。

⁶ 震度5強以上の地震動を受ける79工場の完全復旧日数（期待値）を平均した値で、より短い期間で復旧する工場もあれば、より長期間復旧に時間を要する工場もある（図8参照）。

30 日の工

表 6 震度 5 強以上の工場の完全復旧日数(期待値)の地震毎の合計値のワースト 10 (海溝型地震)

No.	地震名	マグニ チュード	震度5強以上の工場数 (稼働停止と想定した工場数)			震度5強以上の工場全体 (稼働停止と想定した工場全体)		各工場の期待値の統計量		各工場の 計測震度 の統計量
			全体	前工程 工場・ 一貫工場	後工程 工場	稼働再開日数 (期待値)の 合計値 [日]	完全復旧日数 (期待値)の 合計値 [日]	稼働再開 日数	完全復旧 日数	
								平均値 [日] (変動係数)	平均値 [日] (変動係数)	
1	南海トラフ沿いで発生する大地震(最大クラス)	9.1	79	45	34	2,227	4,891	28.2 (0.503)	61.9 (0.503)	5.64 (6.47)
2	相模トラフ沿いのM8クラスの地震	8.6	27	18	9	890	1,955	33.0 (0.484)	72.4 (0.484)	5.73 (6.47)
3	日本海溝沿いの超巨大地震(東北地方太平洋沖型)	9.0	34	23	11	665	1,461	19.6 (0.407)	43.0 (0.407)	5.28 (5.78)
4	宮城県沖のプレート間巨大地震	8.6	17	11	6	294	646	17.3 (0.286)	38.0 (0.286)	5.22 (5.62)
5	山形県沖の地震	7.7	8	4	4	272	597	34.0 (0.501)	74.6 (0.501)	5.84 (6.17)
6	青森県東方沖及び岩手県沖北部のプレート間巨大地震	8.8	12	7	5	208	457	17.3 (0.274)	38.0 (0.274)	5.26 (5.44)
7	新潟県北部沖の地震	7.5	6	3	3	180	396	30.1 (0.503)	66.0 (0.503)	5.71 (6.02)
8	千島海溝沿いの超巨大地震	9.2	4	3	1	81	177	20.1 (0.237)	44.2 (0.237)	5.32 (5.43)
9	十勝沖のプレート間巨大地震	8.6	4	3	1	81	177	20.1 (0.237)	44.2 (0.237)	5.32 (5.43)
10	青森県西方沖の地震	7.7	3	1	2	49	107	16.2 (0.390)	35.6 (0.390)	5.30 (5.44)



a) 稼働再開日数 (期待値) の分布

b) 完全復旧日数 (期待値) の分布

図 8 南海トラフ巨大地震における半導体工場の稼働再開・完全復旧日数の期待値

場が最も多く、次いで、10～20 日や 30～40 日の工場が多かった（図 8）。一方、完全復旧日数（期待値）は 20～30 日の工場が最も多く、完全復旧日数が長くなるほど工場数も減っていく傾向がみられた。

前工程を有する工場で生産している製品毎の傾向は、ロジック半導体、メモリ半導体、パワー半導体を生産する工場では、本検討で対象とした全国の工場の約 6～7 割で地震動が震度 5 強以上と推定された。これらの工場の稼働再開日数（期待値）の平均は 29～36 日、完全復旧日数（期待値）の平均は 64～80 日となり、復旧には比較的長い時間を要すると推定された（表 7）。逆に後工程工場では復旧期間が短い傾向がみられた（表 7）。

表 7 震度 5 強以上となった工場・半導体の種類別工場数と各工場の稼働再開・完全復旧日数の期待値の平均値

工場の種類	半導体の種類	震度5強以上の工場数 (稼働停止と想定した工場数)	対象工場数	割合	各工場の期待値の平均値	
					稼働再開日数	完全復旧日数
前工程工場 または 一貫工場	ロジック半導体	10	16	63%	36.39	79.94
	メモリ半導体	2	3	67%	29.03	63.76
	パワー半導体	32	56	57%	34.74	76.32
	その他の半導体	1	11	9%	29.40	64.59
後工程工場		34	67	51%	18.84	41.38

図 9 には南海トラフ巨大地震発生時に震度 5 強以上となる半導体工場の位置とその稼働再開日数の期待値、図 10 には完全復旧日数の期待値を示した。南海トラフ巨大地震が発生した場合、富山県・群馬県・千葉県以西に所在する半導体工場で震度 5 強以上となる。このうち、山梨県・長野県・静岡県・愛知県・京都府・大阪府・徳島県・愛媛県・熊本県・大分県・宮崎県・鹿児島県等の一部工場では稼働再開日数（期待値）が 30 日以上、完全復旧日数（期待値）が 60 日以上となる工場がみられた。

南海トラフ巨大地震に次いで完全復旧日数（期待値）の合計値が大きかったのは「相模トラフ沿いの M8 クラスの地震」であった。この地震では 27 の工場が震度 5 強以上の地震動を受ける。この 27 工場の完全復旧日数（期待値）の合計値は 1,995 日と推定されたが、「南海トラフ巨大地震」の半分以下の規模であった。ただし、1 工場あたりの完全復旧日数（平均値）は 72.4 日で、南海トラフ巨大地震よりも長くなる傾向がみられた。3 番目の海溝型地震は「日本海溝沿いの超巨大地震（東北地方太平洋沖型）」で、34 工場が震度 5 強以上の地震動を受ける。この 34 工場の完全復旧日数（期待値）の合計値は 1,461 日で、「南海トラフ巨大地震」の約 3 分の 1 の規模と推定された。ただし、1 工場あたりの完全復旧日数（平均値）は 43.0 日と上位 2 地震と比べて復旧がやや早くなる結果となった。これは半導体工場の所在地の地震動が「南海トラフ巨大地震」や「相模トラフ沿いの M8 クラスの地震」よりも小さいことが影響していると考えられる。

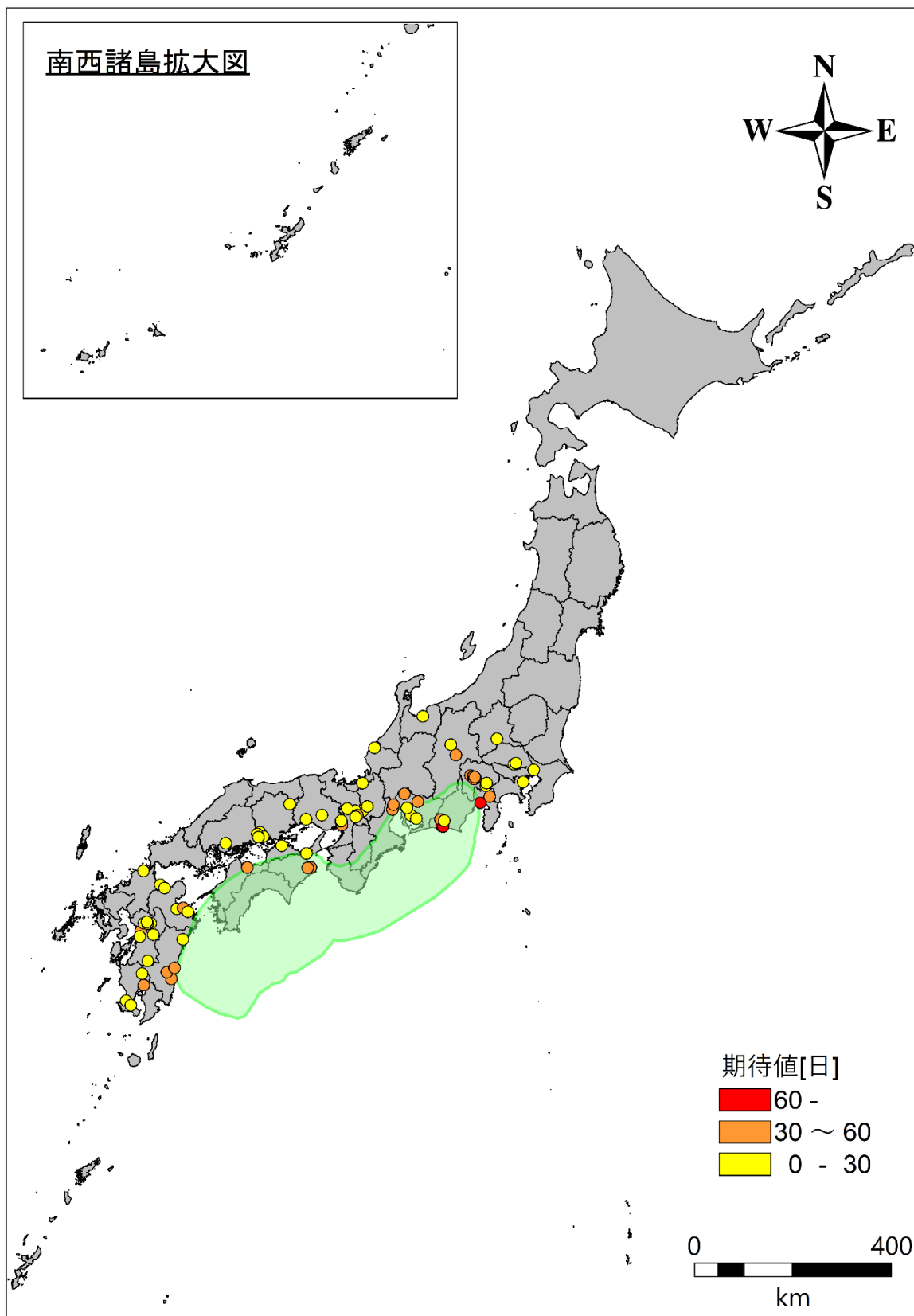


図 9 南海トラフ巨大地震における半導体工場の稼働再開日数の期待値

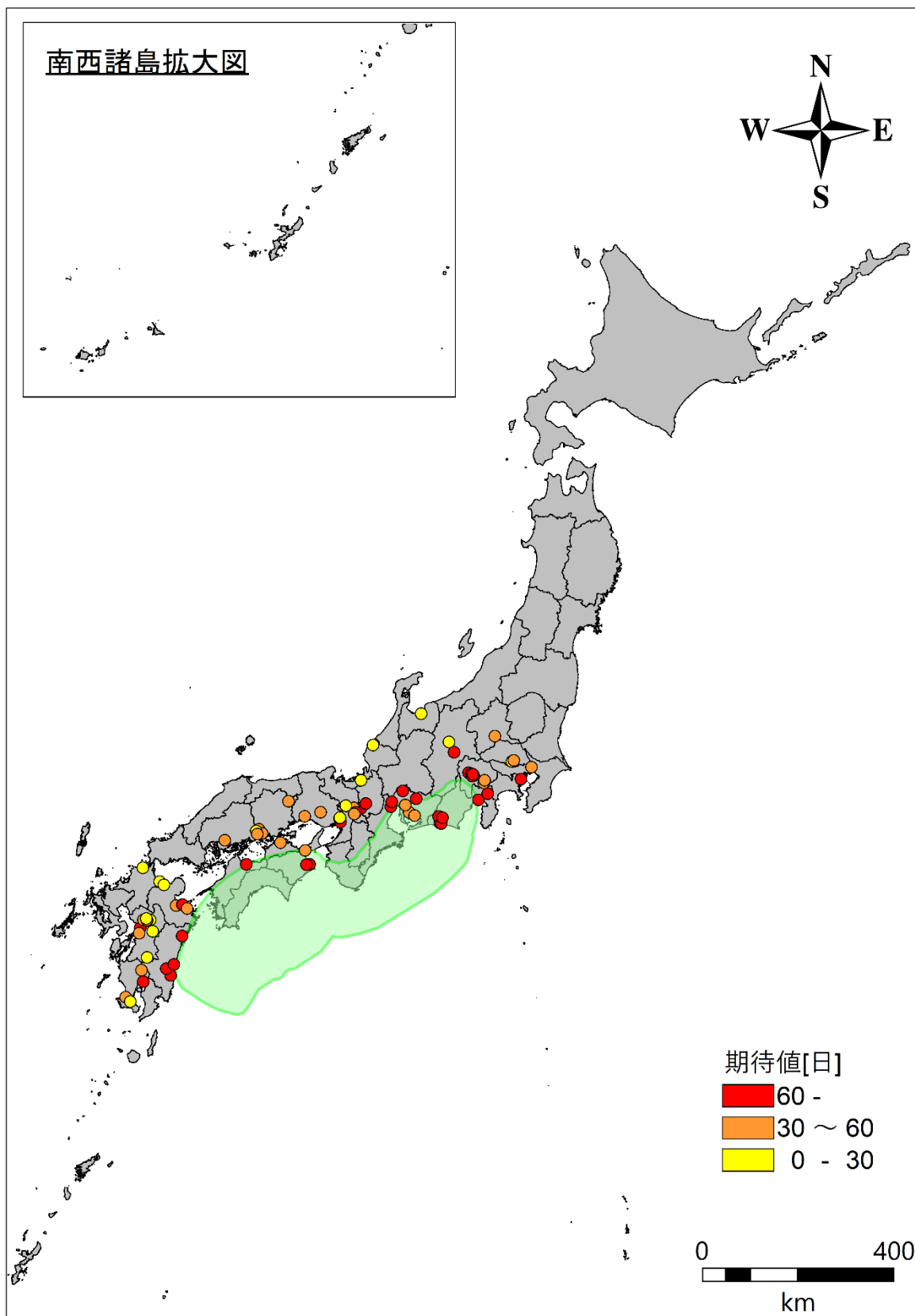


図 10 南海トラフ巨大地震における半導体工場の完全復旧日数の期待値

表 8 は、主要活断層帯で発生する地震に関して、稼働停止（震度 5 強以上）と想定した工場全体の完全復旧日数の期待値⁷を降順に並べたランキングである。最上位となったのは「中央構造線断層帯（全体が同時に活動）」で、検討対象とした 147 工場の約 3 分の 1 にあたる 47 工場が震度 5 強以上の地震動と推定された。これら 47 工場の完全復旧日数（期待値）の合計値は 3,095 日に及ぶ。この値は「南海トラフ巨大地震」には及ばないものの「相模トラフ沿いの M8 クラスの地震」を上回る規模であった。1 工場あたりの完全復旧日数の平均値は 65.9 日であった。

表 8 震度 5 強以上の工場の完全復旧日数(期待値)の地震毎の合計値のワースト 10（主要活断層帯）

No.	地震名	マグニ チュード	震度5強以上の工場数 (稼働停止と想定した工場数)		震度5強以上の工場全体 (稼働停止と想定した工場全体)		各工場の期待値の統計量		各工場の 計測震度 の統計量	
			全体	前工程 工場・ 一貫工場	後工程 工場	稼働再開日数 (期待値)の 合計値 [日]	完全復旧日数 (期待値)の 合計値 [日]	稼働再開 日数		完全復旧 日数
								平均値 [日] (変動係数)		平均値 [日] (変動係数)
1	中央構造線断層帯(全体が同時に活動)	7.9	47	24	23	1,409	3,095	30.0 (0.786)	65.9 (0.786)	5.66 (6.81)
2	布田川断層帯・日奈久断層帯	7.5	17	24	23	577	1,267	30.6 (0.644)	67.3 (0.644)	5.85 (6.80)
3	糸魚川－静岡構造線断層帯(全体が同時に活動)	7.4	17	24	23	521	1,144	33.9 (0.644)	74.5 (0.644)	5.68 (6.56)
4	六甲・淡路島断層帯主部 六甲山地南縁－淡路島 東岸区間	7.5	21	24	23	461	1,013	39.4 (0.732)	86.5 (0.732)	5.54 (6.28)
5	深谷断層・綾瀬川断層 (全体が同時に活動)	7.1	11	24	23	452	993	30.1 (0.659)	66.0 (0.659)	5.89 (6.66)
6	西山断層帯	7.3	11	24	23	433	951	22.0 (0.363)	48.2 (0.363)	5.83 (6.74)
7	有馬－高槻断層帯	7.5	12	24	23	361	792	41.1 (0.539)	90.3 (0.539)	5.60 (6.37)
8	京都西山断層帯	7.0	10	24	23	319	700	31.9 (0.481)	70.0 (0.481)	5.74 (6.39)
9	山崎断層帯(主部北西部 区間と主部南東部区間 が同時に活動)	6.9	8	24	23	310	681	32.2 (0.556)	70.6 (0.556)	5.80 (6.63)
10	花折断層帯中南部	7.3	9	24	23	289	636	38.7 (0.606)	85.1 (0.606)	5.66 (6.21)

次いで、完全復旧日数（期待値）の合計値が大きくなったのは「布田川断層帯・日奈久断層帯」の地震で、17 工場が震度 5 強以上の地震動を受ける。これら 17 工場の完全復旧日数（期待値）の合計値は 1,267 日と推定された。1 工場あたりの完全復旧日数の平均値は 67.3 日であった。さらに、「糸魚川－静岡構造線断層帯（全体が同時に活動）」、「六甲・淡路島断層帯主部六甲山地南縁－淡路島東岸区間」の順で続く。

⁷ 例えば、10 工場が稼働停止した地震では、各工場の完全復旧日数の期待値を 10 工場すべて足し合わせた値である。

主要活断層帯の地震による 1 工場あたりの完全復旧日数の平均値は海溝型地震と比較してやや高い傾向がみられた。海溝型地震の場合、震源域の大部分が海域にある場合が多く、震源域と半導体工場間に一定の距離があるため、表 6 の計測震度の統計量に示されるように半導体工場における地震動強さもある程度制限される傾向がみられる。これに対し主要活断層帯の場合、震源断層との距離が近い半導体工場が存在する。このような工場では、より強い地震動により被害が大きくなり復旧に時間を要する工場が発生する。その結果、主要活断層帯の地震による完全復旧日数の平均値は海溝型地震よりも大きくなる傾向がみられたと考えられる。

4. 考察

第3章では、日本及びその周辺で想定されている海溝型地震、主要活断層帯の地震による半導体工場の復旧期間について推定した。この結果は、被害の広がりだけでなく、半導体工場の地理的空間分布の影響も受けている。図5に日本の半導体工場の地理的分布を示したが、半導体工場は、北海道、東北地方（特に岩手・山形・福島）、茨城県、甲信地方（山梨・長野）、東海地方（特に静岡・愛知）、兵庫県、九州地方（特に福岡・熊本・大分）に多く分布している。このうち、東北地方や茨城県は「日本海溝沿いの超巨大地震（東北地方太平洋沖型）」、甲信地方、東海地方、兵庫県、九州地方は「南海トラフ巨大地震」で強い地震動を受ける地域にあり、これらの海溝型地震が発生した場合に同時被災する可能性が高い。加えて、これらの地域の主要活断層で大規模な地震が発生した場合、被災地及びその周辺の半導体工場群は大きな影響を受けやすい。表8の上位にある主要活断層帯は、このような同時被災リスクの高い断層と考えられる。半導体は特定重要物資に指定されており、日本国内の半導体の安定的な供給は経済安全保障の観点からも喫緊の課題とされている。本検討は半導体工場の復旧期間を定量化することにより、半導体工場の地震に対する供給面のリスクの一面を示したものである。上述した半導体工場が多く所在する地域が被災すると供給支障が顕在化する。供給支障の生じる期間の長さ、長期の供給支障が発生する半導体工場の製品、長期の供給支障が他の産業に与える影響等、過去の地震被害からの復旧の状況から推定したリカバリーカーブは、想定地震が発生した場合の影響を推定するための重要なツールとなる可能性がある。

また、第2章で示したリカバリーカーブは、過去の地震で被災し、かつ復旧期間に関する情報が公表された半導体工場の平均的な復旧過程を示すものである。そのため、被災した個々の半導体工場の実際の復旧期間と本検討で得られたリカバリーカーブを比較することで、平均的な復旧過程に対する個々の半導体工場のレジリエンスの評価も可能となる。

本検討で対象とした海溝型地震や主要活断層帯の地震は「地震ハザードステーション J-SHIS」⁵⁾の条件付超過確率で示されている発生パターンのうち最大規模のものを示したものである。南海トラフ沿いで発生する大地震を例にとると、同地震の発生パターンは177パターン設定されており、「南海トラフ沿いで発生する大地震」が今回用いた最大規模の地震となる条件付確率は0.02に過ぎない。中央構造線断層帯に関しても、今回全区間が同時に活動するパターンを用いたが、中央構造線断層帯を震源断層とする地震が発生した場合でも全区間が同時に活動するケースはかなり稀と考えられる。このため、より正確なリスクの把握のためには、多様な発生パターンを考慮する必要がある。また、海溝型地震に関しては津波被害の影響も今後考慮する必要がある。

第3章の結果は第2章で示したリカバリーカーブの推定精度に依存する。図11にはリカバリーカーブの作成に利用した被災半導体工場における実際の復旧期間とリカバリーカーブの50%タイル値の関係を示した。図中の赤点線は実際の復旧期間とリカバリーカーブの50%タイル値が一致している場合の関係を示している。実際の復旧期間と推定したリカバリーカーブの50%タイル値は赤点線の付近を中心に分布しており、一定の誤差はあるものの、全体としては実際の復旧期間の傾向を示すことができている。また、誤差指標を比較すると（表9）、平均絶対誤差（MAE）は稼働再開日数で9.96日、完全復旧日数で17.18日、平均絶対誤差率（MAPE）は稼働再開日数で0.795、完全復旧日数で0.310となった。

稼働再開日数の平均絶対誤差率がやや大きいのは、実際の稼働再開日数が短い場合にモデルの 50%タイル値が大きく評価される工場が複数あり、これらが誤差を大きくしている原因と考えられる。本検討では、工程及び工場所在地の地震動強さのみを説明変数としてモデル化した。今後は復旧特性を表現しうる他の説明変数を導入し、精度向上を図ることが課題である。

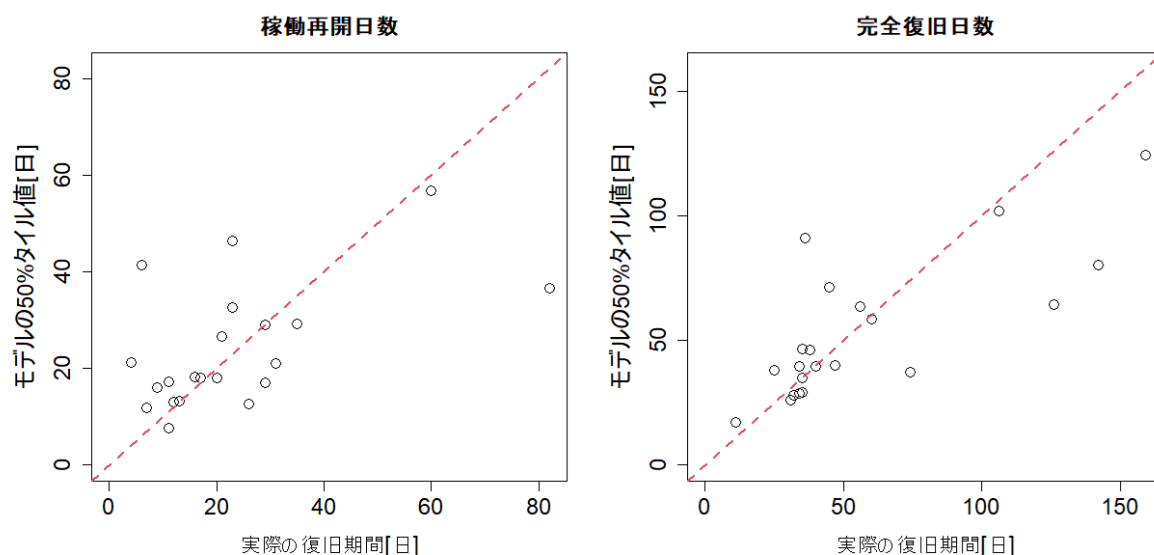


図 11 実際の復旧期間とリカバリーカーブの 50%タイル値との比較

表 9 実際の復旧期間とリカバリーカーブの 50%タイル値との誤差指標

	平均絶対誤差 (MAE) [日]	平均絶対誤差率 (MAPE)
稼働再開日数 (状態 1 以上)	9.96	0.795
完全復旧日数 (状態 2)	17.18	0.310

5. おわりに

本研究では、過去に発生した地震により被災した半導体工場の復旧期間に関する公表資料を収集・整理し、半導体工場の稼働率に関するリカバリーカーブを作成した。その結果、工場所在地の地震動が大きいほど、前工程を有する工場ほど、復旧に時間を要する傾向がみられた。得られたリカバリーカーブを利用して、海溝型地震や主要活断層帯で発生する地震による半導体工場の復旧期間を推定した。海溝型地震では「南海トラフ巨大地震」が発生した場合に、検討対象とした 147 工場のうち 79 工場で震度 5 強以上の地震動を受ける。震度 5 強以上で半導体工場が稼働停止すると仮定すると、停止した 79 工場の完全復旧日数（期待値）を合計した値は 4,891 日と推定された。1 工場あたりの値（平均値）は 61.9 日であった。また、主要活断層帯の地震では「中央構造線断層帯（すべての区間が同時に活動）」で、震度 5 強以上の地震動を受けた工場の完全復旧日数（期待値）を合計した値が最も大きくなった。表 6 や表 8 のランキング上位にある地震では、震度 5 強以上となる地域の広がりランキングに影響していた。また、稼働停止した工場群の稼働再開日数や完全復旧日数の合計値は、半導体工場の地理的空間分布の影響も受けている。半導体工場が集積する地域の主要活断層で大規模な地震が発生した場合、半導体産業は大きな影響を受けやすい。表 8 のランキング上位の主要活断層帯はこのような同時被災リスクの高さを示していると考えられる。

一方、本研究で作成したリカバリーカーブは限られた公表データから作成されたものでデータ数も少ない。更なるデータ収集、復旧期間に影響を与える要因の更なる導入等、リカバリーカーブ作成上の課題も残されている。加えて、第 3 章で示したような復旧期間の観点からシナリオ地震によるリスクを整理する際、本検討では震度 5 強以上となる工場が全て稼働停止する、という仮定を置いた。しかし、本来は地震動強さと稼働停止の関係を示す機能的フラジリティカーブの適用が必要である。この機能的フラジリティカーブの作成についても今後検討していく必要がある。さらに、地震ハザードの観点からは、地震の発生確率や震源が特定されていない地震の考慮等も検討する必要であり、これらも含めた分析も課題として残されている。

参考文献

- 1) 内閣府(2026)：サプライチェーン強靱化の取組（重要物資の安定的な供給の確保に関する制度），
https://www.cao.go.jp/keizai_anzen_hosho/suishinhou/supply_chain/supply_chain.html.
- 2) 経済産業省(2024)：半導体に係る安定供給確保を図るための取組方針，
https://www.meti.go.jp/policy/economy/economic_security/semicon/torikumihousin_semi_con.pdf.
- 3) Amick, H., Bayat, A., and Kemeny, Z.A. (1998): Seismic Isolation of Semiconductor Production Facilities, Reprinted from Proceedings of Seminar on Seismic Design, Retrofit, and Performance of Nonstructural Components, ATC-29-1, Applied Technology Council, San Francisco, pp 297-312.
- 4) Magliulo, G., Zito, M., D'Angela, D. (2024): Dynamic identification and seismic capacity of an innovative cleanroom with walkable ceiling system, Bulletin of Earthquake Engineering, 22, pp.3287–3321.
- 5) 地震ハザードステーション J-SHIS : <https://www.j-shis.bosai.go.jp/>
- 6) 清水智，山崎雅人，濱田俊介，井出修，梶谷義雄，多々納裕一(2026)：大規模地震における半導体工場の復旧状況に関する一検討，安全工学シンポジウム 2026.
- 7) 黒田望，梶谷義雄，多々納裕一(2022)：平成 30 年 7 月豪雨後の産業部門における売上回復過程の統計分析，土木学会論文集 B1（水工学），第 78 巻，第 1 号，pp.48-62.
- 8) 清水智，山崎雅人，濱田俊介，井出修，松島格也，梶谷義雄，多々納裕一(2025)：被災企業における操業能力の業種別回復過程のモデル化 —2016 年熊本地震の事例—，土木学会論文集，第 81 巻，第 20 号，論文 ID: 25-20039.
- 9) 産業タイムズ社(2025)：半導体産業計画総覧 2025-2026 年度版.

OYO応用地質株式会社
共創 Lab